

LANTAI PIEZOELEKTRIK SEBAGAI PENGHASIL SUMBER ENERGI LISTRIK DENGAN MEMANFAATKAN PIJAKAN KAKI



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata 1
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

MUHAMMAD SAIFUR ROHMAN

D400170082

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**LANTAI PIEZOELEKTRIK SEBAGAI PENGHASIL SUMBER ENERGI
LISTRIK DENGAN MEMANFAATKAN PIJAKAN KAKI**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:



MUHAMMAD SAIFUR ROHMAN

D400170082

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Agus Supardi, S.T., M.T.

NIK. 883

HALAMAN PENGESAHAN

LANTAI PIEZOELEKTRIK SEBAGAI PENGHASIL SUMBER ENERGI LISTRIK DENGAN MEMANFAATKAN PIJAKAN KAKI

OLEH

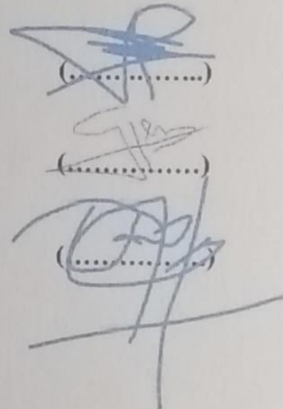
MUHAMMAD SAIFUR ROHMAN

D400170082

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin , 21 Desember 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agus Supardi, S.T., M.T.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Tindyo Prasetyo, S.T., M.T.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Umar, S.T., M.T.
(Anggota II Dewan Penguji)



Dekan,



I. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 21 Desember 2020

Penulis



MUHAMMAD SAIFUR ROHMAN

D400170082

LANTAI PIEZOELEKTRIK SEBAGAI PENGHASIL SUMBER ENERGI LISTRIK DENGAN MEMANFAATKAN PIJAKAN KAKI

Abstrak

Salah satu bahan bakar yang tidak terbarukan adalah bahan bakar fosil. Yang artinya bahan bakar tersebut jika dipakai tidak dapat terpakai lagi. Penggunaan sumber energi bahan bakar fosil semakin terancam kelangsungannya, hal ini dikarenakan semakin meningkatnya konsumsi listrik di era teknologi ini sebagai sumber energi yang sangat dominan. Perkembangan teknologi pada era digital seperti sekarang ini bertumbuh semakin cepat kedepannya. Tanpa disadari bahwa penggunaan teknologi ini meningkat tajam. Disisi lain dengan perkembangan teknologi cepat, pembangunan infrastruktur semakin maju juga. Banyak gedung, mall, perkantoran, tempat umum yang bertingkat tinggi yang nantinya pasti banyak menggunakan listrik yang banyak. Disamping itu yang pastinya banyak mobilitas manusia di dalamnya. Oleh sebab itu terfikir solusi dengan memanfaatkan sensor piezoelektrik yang dipasang pada lantai pada tempat-tempat tersebut yang didalamnya pasti banyak mobilitas manusia. Sensor piezoelektrik merupakan sensor yang dapat menghasilkan energi listrik jika ada tekanan (energi mekanik) pada sensor tersebut. Dengan energi mekanik pijakan kaki manusia maka banyak listrik yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan dengan membuat prototipe lantai yang pada sisi bagian dalam akan dipasang 6 buah sensor piezoelektrik, dengan susunan seri dan paralel. Setelah dipasang sensor piezoelektrik disambungkan pada komponen yang lain seperti kapasitor, led, dan dioda. Pada pengujiannya memakai metode diinjak lantai tersebut lalu diukur tegangan dan arus yang dihasilkan. Untuk pengujiannya dengan memakai 5 berat badan yang berbeda yaitu 45 kg, 50 kg, 55 kg, 61 kg, dan 68 kg tiap susunan seri dan paralel. Data yang didapat dari pengujian ini menunjukkan daya keluaran paling tinggi 0,041 μW dengan beban 68 kg pada susunan seri, sedangkan pada susunan paralel menunjukkan 240,59 μW dengan beban 61 kg, beban disini sebagai penunjuk tekanan yang diberikan. Dari data tersebut maka susunan sensor piezoelektrik secara paralel memiliki daya keluaran yang paling besar.

Kata Kunci: bahan bakar, lantai, sensor piezoelektrik, teknologi.

Abstract

One of the non-renewable fuels is fossil fuels. Which means that if the fuel is used it can no longer be used. The continuity of the use of fossil fuel energy sources is increasingly threatened, this is due to the increasing consumption of electricity in this technological era as a very dominant energy source. The development of technology in the digital era as it is today is growing faster in the future. Without realizing it, the use of this technology has increased sharply. On the other hand, with the rapid development of technology, infrastructure development is also getting more advanced. Many buildings, malls, offices, high-rise public places will certainly use a lot of electricity. Besides that, of course there is a lot of human mobility in it. Therefore, we thought of a solution by utilizing piezoelectric sensors that are installed on the floor in these places where there must be a lot of human mobility. Piezoelectric sensor is a sensor that can generate electrical energy if there is pressure (mechanical energy) on the sensor. With the mechanical energy of a human footrest, a lot of electricity is generated. This research was conducted by making a floor prototype in which 6 piezoelectric sensors will be installed on the inside, in a series and parallel arrangement. After the piezoelectric sensor is installed, it is connected to other components such as capacitors, leds, and diodes. In the test using the method of stepping on the floor, the resulting voltage and current are measured. For testing using 5 different body weights, namely 45 kg, 50 kg, 55 kg, 61 kg, and 68 kg each series and parallel arrangements. The data obtained from this test shows the highest output power is 0.041 μW with a load of 68 kg in the series arrangement, while in the parallel arrangement it shows 240.59 μW with a load of 61 kg, the load here is a indication of the given pressure. From this data, the piezoelectric sensor arrangement in parallel has the greatest output power.

Keywords: fuel, floors, piezoelectric sensors, technology.

1. PENDAHULUAN

Krisis energi merupakan suatu kejadian kekurangan dalam persediaan sumber daya energi ke ekonomi yang berdampak pada peningkatan harga. Krisis tersebut biasanya identik pada kekurangan listrik, minyak bumi, atau sumber daya alam lainnya. Masalah ini sangat mempengaruhi dalam kehidupan manusia. Dalam pembahasan ini penulis menaekankan pada masalah energi listrik. Berbagai peralatan maupun teknologi yang dipakai dalam kegiatan manusia dalam perkembangan teknologi jaman sekarang hampir sebagian besar menggunakan energi listrik. Hal ini menjadikan energi listrik sebagai sumber energi utama. Bahan bakar fosil adalah sumber pembangkit listrik yang utama sekarang ini, tetapi bahan tersebut sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui dan kesediaannya yang terbatas dan jika dipakai terus menerus maka semakin lama akan habis seiring berjalannya waktu. Disamping itu, terdapat berbagai dampak dalam penggunaan bahan bakar fosil bagi lingkungan seperti halnya dapat menghasilkan karbondioksida yang berakibat efek rumah kaca. Dengan berjalannya waktu, tingkat permintaan kebutuhan listrik yang terus meningkat yang tidak sebanding antara permintaan dan persediaan maka sangat diperlukan sumber energi yang dapat diperbarui.

Peningkatan pada aspek pertumbuhan ekonomi Indonesia yang terus meningkat sejalan dengan konsumsi energi listrik setiap tahunnya. Peningkatan konsumsi listrik diperkirakan dapat tumbuh rata-rata 6,5% per tahun hingga tahun 2020 . Konsumsi listrik yang begitu besar akan menjadi masalah karena jika jumlah ketersediaan tidak sebanding dengan kebutuhan. Kebijakan-kebijakan yang diambil PLN (Perusahaan Listrik Negara) sebagai BUMN (Badan Usaha Milik Negara) yang menyediakan energi listrik semakin menunjukkan bahwa PLN sudah tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan listrik nasional (Muchlis, 2003).

Akibat semakin menipisnya cadangan bahan bakar minyak khususnya bahan bakar fosil yang tidak terbarukan telah menuntut Indonesia agar mencari bahan bakar alternatif yang bersifat terbarukan. Pernyataan tersebut bukti bahwa krisis ketenagalistrikan di Indonesia (Sardjono, 2006).

Energi yang dapat diperbarui merupakan sebuah pengembangan dari berbagai sumber daya yang sudah ada. Banyak peneliti yang terus membuat pengembangan sumber daya yang dapat diperbarui atau dapat digunakan secara terus menerus agar bisa digunakan dalam jangka yang sangat panjang tanpa takut kehabisan jika digunakan. Peneliti melakukan ini karena semakin tingginya permintaan atas energi listrik. Dikutip dari dinas lingkungan hidup dan kebersihan, konsep dari energi yang terbarukan sendiri baru mulai dikenal secara meluas pada tahun 1970-an. Karena penggunaan energi yang tidak terbarukan secara masif dan besar-besaran maka muncul energi terbarukan yang merupakan sebuah antitesis atas pengembangannya. Selain mempunyai kemampuan untuk dapat diperbarui, energi yang

terbarukan dipercaya sebagai salah satu solusi untuk mengatasi polusi lingkungan karena sifatnya yang jauh lebih bersih dan aman bagi lingkungan (Arief, 2020).

Salah satu energi alternatif untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil sebagai penghasil listrik adalah piezoelektrik. Piezoelektrik yang mempunyai kemampuan untuk membangkitkan energi listrik apabila diberikan gaya mekanik (Wasito, 1997).

Piezoelektrik dalam bahasa Yunani yaitu *piezo* artinya tekanan dan *elektrik* berarti listrik. Bahan piezoelektrik adalah suatu bahan ketika diberi *stress* (tekanan) mekanik akan menghasilkan medan listrik sebaliknya ketika medan listrik diterapkan pada bahan piezoelektrik akan terjadi deformasi mekanik (perubahan dimensi bahan). Sifat yang reversibel ini membuat material piezoelektrik dapat berfungsi sebagai transduser dan aktuator serta menarik untuk dikembangkan (Sharma, 2006).

Penelitian ini dengan memanfaatkan sensor piezoelektrik yang bertujuan untuk mengetahui keluaran daya yang dihasilkan pada tiap material sensor piezoelektrik dengan susunan seri dan susunan paralel yang setiap susunan terdiri dari 6 buah sensornya yang kemudian dibandingkan hasil dari yang diperoleh. Untuk prototipe nantinya menggunakan spon busa untuk menghindari terjadinya kerusakan pada sensor tersebut. Dari kedua penyusunannya akan diperoleh salah satu hasil keluaran daya dengan nilai yang tertinggi yang kemudian digunakan sebagai sumber penyalan led. Untuk pengujiannya dilakukan sebanyak tiga kali dengan pemberian 5 beban berbeda dan datanya yang dihasilkan akan dilakukan analisa perbandingan hasil.

1.1 Rumusan Masalah

Bagaimana cara membuat (merancang) prototipe rantai piezoelektrik sebagai penghasil sumber energi listrik dengan memanfaatkan pijakan kaki?

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk membuat prototipe rantai piezoelektrik sebagai penghasil sumber energi listrik dengan memanfaatkan pijakan kaki.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui sumber energi listrik terbarukan dengan memanfaatkan rantai piezoelektrik.
2. Menambah wawasan mahasiswa tentang piezoelektrik.

2. METODE

Penelitian dengan judul rantai piezoelektrik sebagai penghasil sumber energi listrik dengan memanfaatkan pijakan kaki ini yang terselesaikan dalam waktu berkisar empat bulan dengan tahapan studi literatur tentang teori penunjang penelitian, membuat kerangka prototipe yang dibuat, melakukan perancangan rangkaian sistem pembangkit energi listrik dengan sensor piezoelektrik, pengujian alat, dan menyusun laporan tugas akhir.

2.1 Studi Literatur

Suatu proses untuk mencari referensi maupun informasi yang masih berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan. Berbagai sumber informasi diperoleh misalnya dari buku, skripsi, karya ilmiah, dan artikel publikasi lainnya.

2.2 Pengumpulan Data

Data diperoleh dengan pengujian alat (pengukuran) secara langsung tegangan dan arus yang dihasilkan.

2.3 Pengolahan Data

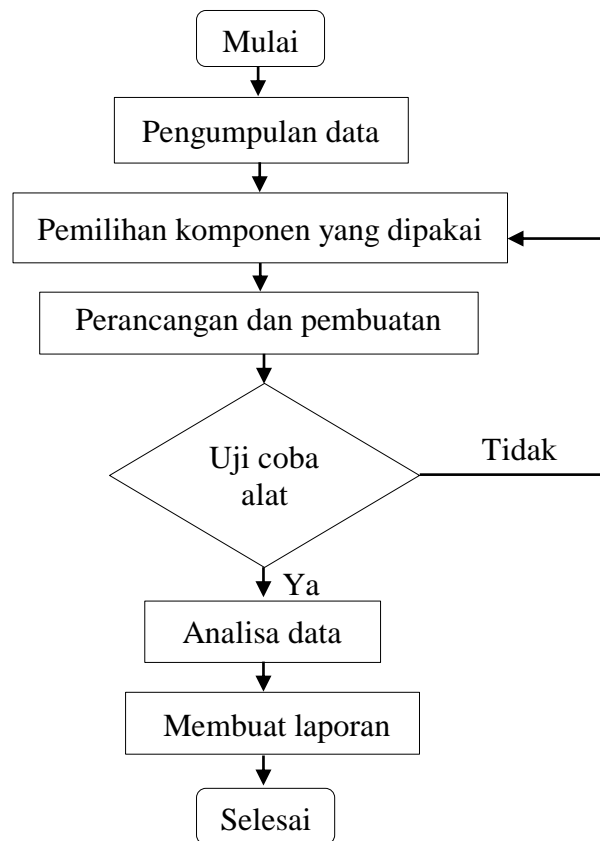
Dalam memproses mengolah data yang diperoleh dapat dilakukan melalui tahapan sebagai berikut.

1. Mencatat data-data yang dibutuhkan dalam penelitian
2. Membuat tabel penelitian
3. Menganalisa hasil penelitian

2.4 Alat dan Bahan

1. Sensor piezoelektrik
2. Dioda
3. Kapasitor
4. Led
5. Pcb
6. Spon busa
7. Sterefoam
8. Kabel
9. Solder
10. Tenol
11. Bor
12. Gergaji
13. Multitester

2.5 Alur Penelitian



Gambar 1. *Flowchart* penelitian

Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data dengan mencari referensi untuk membuat perancangan lantai piezoelektrik sebagai penghasil sumber energi listrik dengan memanfaatkan pijakan kaki, setelah itu mendata semua komponen yang dipakai, selanjutnya melakukan perancangan alat yang kemudian pembuatan alat. Pada saat pengujian alat berjalan tidak benar maka perlu dilakukan perbaikan, apabila pengujian alat berjalan dengan benar maka selanjutnya menganalisa data yang telah didapat dari pengujian tersebut dilanjutkan dengan membuat laporan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan ini penulis merancang prototipe lantai yang didalamnya sudah terpasang beberapa sensor piezoelektrik yang sudah disusun. Sensor piezoelektrik tersebut digunakan untuk membangkitkan listrik. Pengujian dilakukan untuk mengetahui daya yang dihasilkan dari sensor piezoelektrik. Pengujian dilakukan dengan cara memberi pijakan pada prototipe lantai tersebut. Dalam penyusunannya dibagi menjadi 2 yaitu secara seri dan paralel.

3.1. Sensor piezoelektrik disusun secara seri

Rangkaian seri merupakan rangkaian yang disusun pada bagian kutub positif terhubung ke kutub negatif secara berurutan seperti gambar 1. Dapat dilihat juga sensor piezoelektrik yang tersusun seri pada gambar 2. Untuk jumlah tegangan yang masuk sama dengan penjumlahan tegangan yang keluar dari tiap titik cabang, sedangkan untuk jumlah arus yang masuk sama dengan jumlah arus yang keluar tiap percabangan tersebut. Sehingga mendapatkan persamaan sebagai berikut.

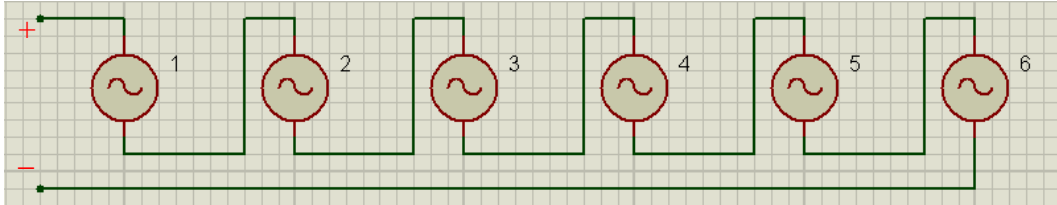
$$\mathcal{E}_{\text{total}} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 + \mathcal{E}_3 + \mathcal{E}_4 + \mathcal{E}_5 + \mathcal{E}_6 \quad (1)$$

$$I_{\text{total}} = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = I_6 \quad (2)$$

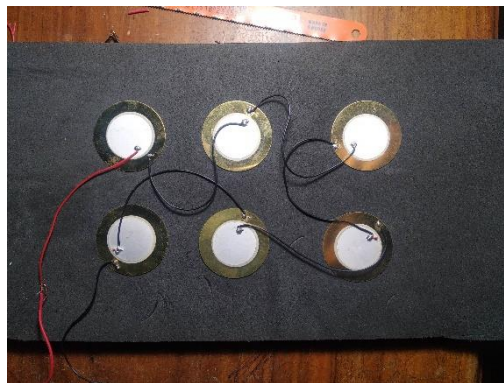
Keterangan :

\mathcal{E} = ggl (V)

I = arus (A)



Gambar 2. Rangkaian seri



Gambar 3. Sensor piezoelektrik disusun secara seri

Pada pengujian prototipe ini dilakukan dengan memberi pijakan kaki pada beban 45 kg, 50 kg, 55 kg, 61 kg, dan 68 kg pada rangkaian tersebut. Selanjutnya untuk pengukuran menggunakan multimeter, untuk tegangan dihubungkan secara paralel dengan rangkaian sedangkan untuk arus dihubungkan secara seri dengan rangkaian akan tetapi harus diberi beban terlebih dahulu berupa led.

Hasil yang diperoleh saat pengujian alat ini terhubung secara seri dapat dilihat pada tabel 1, 2, dan 3.

Tabel 1. Pengujian pertama secara seri

Beban (kg)	Tegangan (V)	Arus (μA)	Daya (μW)
45	0,11	0,1	0,011
50	0,15	Tidak terdeteksi	
55	0,17	0,1	0,017
61	0,2	Tidak terdeteksi	
68	0,22	Tidak terdeteksi	

Tabel 2. Pengujian kedua secara seri

Beban (kg)	Tegangan (V)	Arus (μA)	Daya (μW)
45	0,2	0,1	0,02
50	0,26	0,1	0,026
55	0,3	Tidak terdeteksi	
61	0,39	Tidak terdeteksi	
68	0,4	Tidak terdeteksi	

Tabel 3. Pengujian ketiga secara seri

Beban (kg)	Tegangan (V)	Arus (μA)	Daya (μW)
45	0,27	Tidak terdeteksi	
50	0,38	Tidak terdeteksi	
55	0,41	Tidak terdeteksi	
61	0,55	0,1	0,055
68	0,6	0,1	0,06

Untuk perhitungan daya nya menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$P = V \times I$$

(3)

Keterangan :

P = daya (W)

V = tegangan (V)

I = arus (A)

Beberapa contoh perhitungan rangkaian seri

Pada pengujian pertama :

- Berat badan 45 kg
 $P = 0,11 \text{ V} \times 0,1 \mu\text{A} = 0,011 \mu\text{W}$
- Berat badan 55 kg
 $P = 0,17 \text{ V} \times 0,1 \mu\text{A} = 0,017 \mu\text{W}$

Pada pengujian kedua :

- Berat badan 45 kg
 $P = 0,2 \text{ V} \times 0,1 \mu\text{A} = 0,02 \mu\text{W}$
- Berat badan 50 kg
 $P = 0,26 \text{ V} \times 0,1 \mu\text{A} = 0,026 \mu\text{W}$

Dari data pada tabel 1, 2, dan 3 dalam pengujian rangkian dihubung secara seri menghasilkan tegangan yang bervariasi tetapi arus cenderung sama bahkan tidak terdeteksi karena nilainya terlalu kecil. Untuk tegangan mengalami peningkatan seiring penambahan berat badan. Untuk arus sangat kecil dan ada yang tidak terdeteksi karena saat diukur dengan multimeter yang diseri dengan led, daya yang dihasilkan dari sensor piezoelektrik sangat kecil sehingga arus yang mengalir juga sangat kecil. Data tabel tersebut untuk tegangan terendah yang dihasilkan menunjukkan 0,22 V dengan berat badan 45 kg dan tegangan paling besar yang dihasilkan menunjukkan 0,6 V dengan berat badan 68 kg. Untuk arus nya relatif sama 0,1 μA dan tidak terdeteksi karena daya terlalu kecil.

Pengujian dilakukan 3 kali maka mendapatkan nilai rata-rata. Dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata pengujian rangkaian seri

Beban (kg)	Rata-rata tegangan (V)	Rata-rata arus (μA)	Daya (μW)
45	0,19	0,1	0,019
50	0,26	0,1	0,026
55	0,29	0,1	0,029
61	0,38	0,1	0,038
68	0,41	0,1	0,041

Untuk perhitungan rata-rata tegangan dan rata-rata arus dengan sebagai berikut.

$$V_{rata - rata} = \frac{V_{pertama} + V_{kedua} + \dots + V_n}{n} \quad (4)$$

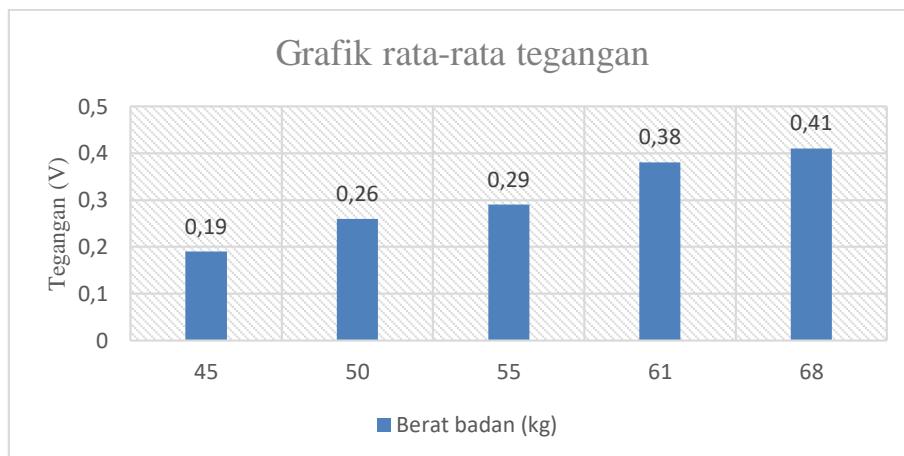
$$I_{rata - rata} = \frac{I_{pertama} + I_{kedua} + \dots + I_n}{n} \quad (5)$$

Contoh perhitungannya

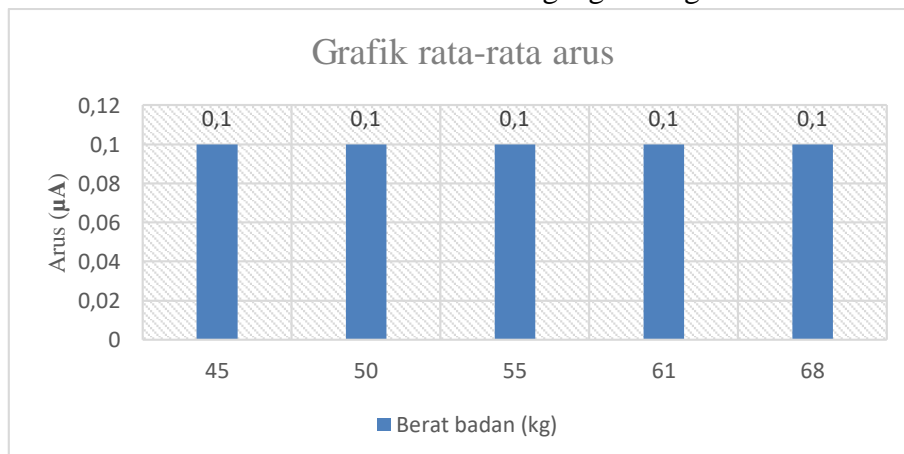
- Berat badan 45 kg

$$V_{rata - rata} = \frac{0,11 + 0,2 + 0,27}{3} = 0,19 \text{ V}$$

$$I_{rata - rata} = \frac{0,1 + 0,1}{2} = 0,1 \text{ μA}$$



Gambar 4. Grafik hasil rata-rata tegangan rangkaian seri



Gambar 5. Grafik hasil rata-rata arus rangkaian seri

3.2 Sensor piezoelektrik disusun secara paralel

Rangkaian paralel merupakan rangkaian yang disusun pada bagian kutub positif terhubung ke kutub positif sedangkan bagian kutub negatif terhubung ke kutub negatif seperti gambar 5. Dapat dilihat juga sensor piezoelektrik yang tersusun paralel pada gambar 6. Untuk jumlah tegangan yang dihasilkan sama dengan jumlah tegangan yang keluar dari tiap percabangan, sedangkan untuk jumlah arus yang masuk sama dengan penjumlahan arus yang keluar tiap percabangan tersebut. Sehingga didapat persamaan sebagai berikut.

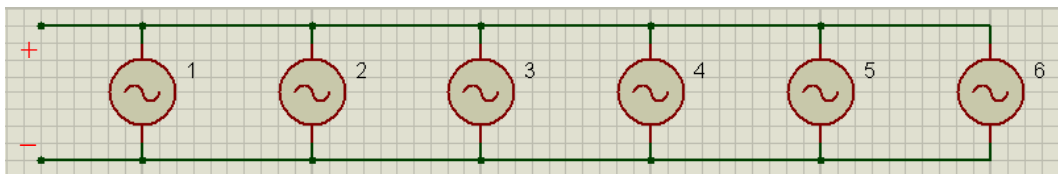
$$\mathcal{E}_{\text{total}} = \mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_3 = \mathcal{E}_4 = \mathcal{E}_5 = \mathcal{E}_6 \quad (6)$$

$$I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 \quad (7)$$

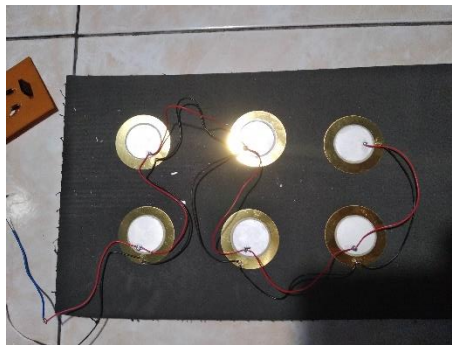
Keterangan :

\mathcal{E} = ggl (V)

I = arus (A)



Gambar 6. Rangkaian paralel



Gambar 7. Sensor piezoelektrik disusun secara paralel

Pada pengujian prototipe ini dilakukan dengan memberi pijakan kaki pada beban 45 kg, 50 kg, 55 kg, 61 kg, dan 68 kg pada rangkaian prototipe tersebut. Selanjutnya untuk pengukuran menggunakan multimeter, pada tegangan dihubung secara paralel dengan rangkaian sedangkan untuk arus dihubung secara seri dengan rangkaian tetapi harus diberi beban terlebih dahulu berupa led.

Hasil yang diperoleh saat pengujian alat ini terhubung secara paralel dapat dilihat pada tabel 5, 6, dan 7.

Tabel 5. Pengujian pertama secara paralel

Beban (kg)	Tegangan (V)	Arus (μA)	Daya (μW)
45	0,85	0,1	0,085
50	1,13	0,1	0,113
55	1,16	0,1	0,116
61	1,27	0,1	0,127
68	1,15	0,1	0,115

Tabel 6. Pengujian kedua secara paralel

Beban (kg)	Tegangan (V)	Arus (μA)	Daya (μW)
45	1,76	24	42,24
50	1,90	26	49,4
55	2,5	115	287,5
61	2,27	232	526,64
68	2	92	184

Tabel 7. Pengujian ketiga secara paralel

Beban (kg)	Tegangan (V)	Arus (μA)	Daya (μW)
45	2,01	95	190,95
50	2,34	105	245,7
55	2,32	54	125,28
61	2,5	127	317,5
68	2,46	89	218,05

Untuk perhitungan daya nya menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$P = V \times I$$

(8)

Keterangan :

P = daya (W)

V = tegangan (V)

I = arus (A)

Beberapa contoh perhitungan rangkaian seri

Pada pengujian pertama :

- Berat badan 45kg
 $P = 0,85 \text{ V} \times 0,1 \mu\text{A} = 0,085 \mu\text{W}$
- Berat badan 50 kg
 $P = 1,13 \text{ V} \times 0,1 \mu\text{A} = 0,113 \mu\text{W}$

Pada pengujian kedua :

- Berat badan 45 kg
 $P = 1,76 \text{ V} \times 24 \mu\text{A} = 42,24 \mu\text{W}$
- Berat badan 50 kg

$$P = 01,9 \text{ V} \times 26 \text{ } \mu\text{A} = 49,4 \text{ } \mu\text{W}$$

Dari data pada tabel 5, 6, dan 7 dalam pengujian rangkian dihubung secara paralel menghasilkan tegangan dan arus bervariasi. Untuk tegangan sebagian besar mengalami peningkatan seiring penambahan berat badan tetapi ada juga yang turun. Untuk arus pada pengujian pertama hasilnya sama semua karena daya yang dihasilkan dari sensor piezoelektrik masih terlalu kecil sehingga arus yang mengalir juga kecil. Pada pengujian arus yang kedua dan ketiga sebagian besar juga mengalami peningkatan tetapi ada juga yang turun. Penurunan tegangan dan arus tersebut akibat pijakan kaki saat pengujian tidak tertekan secara merata pada prototipe lantai. Data tabel tersebut untuk tegangan dan arus terendah yang dihasilkan menunjukkan 0,85 V dan 0,1 μA dengan berat badan 45 kg, sedangkan untuk tegangan dan arus paling besar yang dihasilkan menunjukkan 2,5 V dan 232 μA dengan berat badan 61 kg.

Pengujian dilakukan 3 kali maka mendapatkan nilai rata-rata. Dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Rata-rata pengujian rangkaian paralel

Beban (kg)	Rata-rata tegangan (V)	Rata-rata arus (μA)	Daya (μW)
45	1,54	39,7	61,14
50	1,79	43,7	78,22
55	1,9	56,37	107,1
61	2,01	119,7	240,59
68	1,87	60,37	112,89

Untuk perhitungan rata-rata tegangan dan rata-rata arus dengan sebagai berikut.

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{V_{\text{pertama}} + V_{\text{kedua}} + \dots + V_n}{n} \quad (9)$$

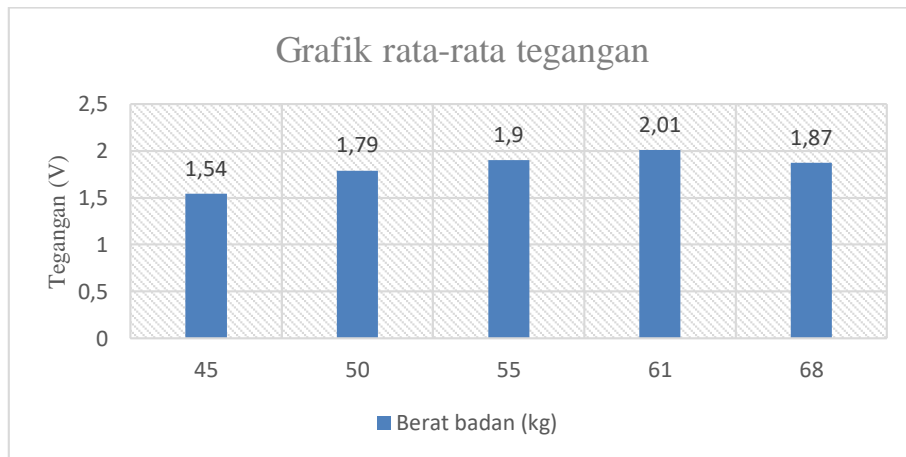
$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_{\text{pertama}} + I_{\text{kedua}} + \dots + I_n}{n} \quad (10)$$

Contoh perhitungannya

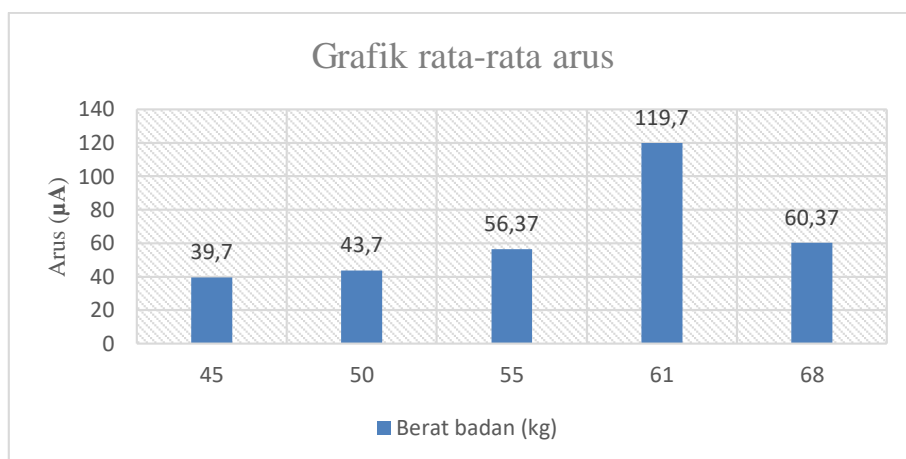
- Berat badan 45 kg

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{0,85 + 1,76 + 2,01}{3} = 1,54 \text{ V}$$

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{0,1 + 24 + 95}{3} = 39,7 \text{ } \mu\text{A}$$



Gambar 8. Grafik hasil rata-rata tegangan rangkaian paralel



Gambar 9. Grafik hasil rata-rata arus rangkaian paralel

Selama pengujian prototipe lantai yang tersusun sensor piezoelektrik secara seri maupun paralel untuk berat badan dari 45 kg, 50 kg, 55 kg, 61 kg, dan 68 kg maka akan menghasilkan daya. Hasil daya yang dapat dibangkitkan sebagian besar mengalami peningkatan sesuai dengan berat badan yang diberikan semakin besar juga. Ada sebagian yang mengalami penurunan akibat kurang tepatnya pijakan kaki pada prototipe bagian sensor piezoelektrik saat pengujian.

4. PENUTUP

Lantai piezoelektrik yang telah dirancang terdiri atas lantai prototipe yang tersusun sensor piezoelektrik dan disambung dengan rangkaian yang telah dibuat mampu menghasilkan daya listrik dengan memberi tekanan pijakan kaki manusia. Skala daya listrik yang dihasilkan sensor piezoelektrik cukup kecil.

Perolehan daya pada susunan seri untuk nilai rata-rata terendah saat tegangan sebesar 0,19 V, arus sebesar 0,1 μA maka daya yang dihasilkan sebesar 0,019 μW dengan beban 45 kg dan untuk nilai rata-rata tertinggi saat tegangan sebesar 0,41 V, arus sebesar 0,1 μA maka daya yang dihasilkan sebesar 0,041 μW dengan beban 68 kg. Perolehan daya pada susunan paralel untuk nilai rata-rata terendah saat tegangan sebesar 1,54 V, arus sebesar 39,7 μA maka daya yang dihasilkan sebesar 61,14 μW dengan

beban 45 kg dan untuk nilai rata-rata tertinggi saat tegangan sebesar 2,01 V, arus sebesar 119,7 μ A maka daya yang dihasilkan sebesar 240,59 μ W dengan beban 61 kg. Dari pernyataan perolehan daya susunan seri dan susunan paralel menunjukkan bahwa susunan sensor piezeoelektrik secara paralel memiliki daya keluaran yang paling besar.

Kemampuan pembangkit listrik dengan sensor piezoelektrik sangat bergantung pada berat tekanan untuk menghasilkan listrik. Semakin berat beban yang diberikan maka listrik yang dihasilkan juga lebih besar, tetapi ada sedikit perbedaan pada rata susunan secara paralel pada beban 68 kg dayanya lebih kecil dibandingkan pada beban 61 kg karena kurangnya presisi pada saat penekanan pada sensor piezoelektrik.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam penelitian dan penulisan karya ilmiah ini.

1. Kedua orang tuaku (Bapak Hery dan Ibu Endang) yang selalu memberikan nasehat, semangat, dan doanya. Serta saudara Kakak (Hanin) Adek (Rochim & Arif) yang selalu memberikan semangat dan doanya.
2. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
3. Bapak Umar, S.T., M.T. selaku ketua jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Agus Supardi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak dan ibu dosen atas kesediannya mengajarkan ilmunya kepada penulis di Teknik Elektro.
6. Cindy Septyanasari yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan mau mendengarkan setiap keluh kesahku dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Saudara seperjuangan sekontrakan sepermainan bernama kandang hewan yang telah mewarnai selama perkuliahan yang terkadang heboh sendiri dengan dunianya masing-masing.
8. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta 2017 yang semoga sukses terus.
9. Semua pihak yang telah memberikan banyak bantuan dalam penyelesaian tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

Muchlis, M., & Permana, A. D. (2003). Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun 2003-2020. www.oocities.org/markal_bppt/publish/slistrk/slmuch.pdf.

- Sardjono. (2006). Penyebab dan dampak yang ditimbulkan dengan terjadinya krisis ketenagalistrikan (PLN). www.utaminikenbox.wordpress.com/2016/09/16/penyebab-dan-dampak-yang-ditimbulkan-dengan-terjadinya-krisis-ketenagalistrikan-pln/.
- Arief, Muhammad. (2020). Energi Terbarukan Solusi Energi Masa Depan. <https://primatekniksystem.com/artikel/energi-terbarukan-solusi-energi-masa-depan>.
- Wasito. (1997). Fisika Listrik. <https://dokumen.tech/document/fisika-listrik-560d6183e2e9c.html>.
- Sharma. (2006). Material Piezoelektrik. www.google.com/amp/s/www.kompasiana.com/amp/iinlidia.pm/material-piezoelektrik_552a167e6ea8343b75552d29.